

**PEMILIHAN MATERIAL RING PADA ILLIZAROV RING EXTERNAL FIXATION**Erwin<sup>1</sup>, Akbar Ramandhan<sup>2</sup>, Ratih Diah Andayani<sup>3</sup><sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas IBA PalembangEmail : [erwin@untirta.ac.id](mailto:erwin@untirta.ac.id)**Abstrak**

Fracture pada tulang membutuhkan fiksasi yang stabil agar tulang dalam masa pemulihan tidak mengalami beban berlebih dan berubah posisi, untuk itu dibutuhkan sebuah alat fiksasi. Alat fiksasi ini terdiri dari 2 jenis yang ditanam didalam atau yg berada diluar tubuh. Untuk menjaga posisi tulang dan menahan beban dibutuhkan material yang memiliki sifat yang ringan tahan karat, dan miliki kekakuan. Dalam penelitian ini digunakan metode yang dikembangkan oleh Asbhy dan M. Farag dalam memilih material yang sesuai dengan kondisi operasional yang disyaratkan, dan harga yang relative murah. Material kadidat terdiri dari Aluminum alloy (al 2014), Stainless steel 304, Brass, Titanium alloy (Ti 6AL4V). Beryllium. Material yang terpilih memenuhi figure of merit adalah Beryllium.

**Kata Kunci: Tulang fracture, fiksasi, seleksi material****Abstract**

Fracture fixation in the bone require a stable, so that the bones in the recovery period did not experience an excessive burden and changing positions, for it takes a fixation device. This fixation device consists of two types that are planted within or outside the body. To keep bones and weight-bearing position, needed a material that has properties of a lightweight rustproof, and have stiffness. This study used a method developed by Asbhy and M. Farag in selecting materials to suit the required operating conditions, and a relatively cheap price. Candidate material composed of Aluminum alloy (Al 2014), 304 Stainless steel, Brass, Titanium alloy (Ti 6AL4V). Beryllium. Selected materials meet the figure of merit is Beryllium.

**Key Word : Bone fracture, fixation, material selection****PENDAHULUAN**

Dimana penelitian ini bertujuan untuk menggabungkan antara bidang ilmu teknik dan ilmu kedokteran khususnya dibidang Orthopedic, sehingga bisa dapat dihasilkan suatu alat yang dapat bermanfaat dibidang medis. Yaitu khusus ditujukan untuk menghasilkan produk *hybrid ring external fixation* yang dapat digunakan pada pasien yang mengalami *fracture/* patah tulang pada tulang kaki.

Adapun tujuan diharapkan pada penelitian ini adalah dapat memilih dan merekomendasikan

material yang cocok dalam pengaplikasian pada *ring external fixation*. Dan akan menghasilkan material yang kuat, ringan, dan tahan korosi, serta murah, Sehingga dampak positif penelitian ini adalah harga produk *external fixation* menjadi murah, serta pada pasien penderita fraktur tulang kaki dapat menimalisir biaya penyembuhan.

**METODE PENELITIAN**

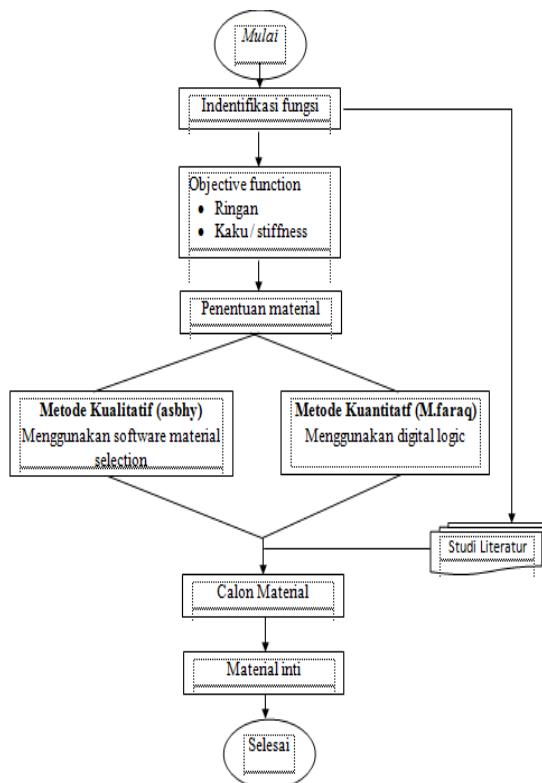
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode asbhy, yaitu menggunakan software material selection, sebelum melangkah ke software material selection terlebih dahulu

menentukan material indexnya , dimana metode digunakan untuk *screening* material awal, dan hasil yang disajikan adalah dalam bentuk grafik .

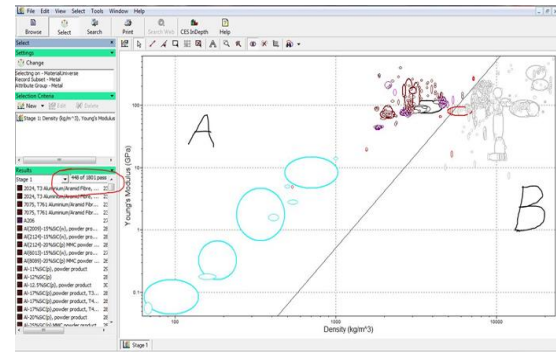
Metode yang kedua yang digunakan adalah dengan metode Mahmoud faraq, yaitu dengan menggunakan metode digital logic, metode ini merupakan metode sistematis dimana dilakukan untuk memilih material-material yang terpilih. Disamping itu membandingkannya, dilihat dari nilai-nilai kekuatan material tersebut, dan memilih poin-poin tertinggi yang berpengaruh untuk material yang diaplikasikan, serta hasil yang disajikan dalam table dan grafik.

#### 1. Metode kualitatif ashby

Ashby adalah merupakan nama orang, dan beliau juga seorang penulis buku tentang pemilihan material, sekaligus juga pencipta software pemilihan material Ces Edupack. Yang dimaksud dengan , menggunakan metode ashby adalah mengikuti langkah-langkah atau prosedur dalam pemilihan material, lalu dikhususkan menggunakan Ces edupack. Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah pemilihan material dengan menggunakan software ces edupack versi 2005.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Kandidat material yg terpilih di CES EDUPACK

#### 2. Metode dengan Digital logic

Dengan pendekatan metode *digital logic* adalah alat yang sistematis sebagai sarana pendukung langkah untuk pemilihan *material ring external fixation*. dan memilih berbagai kombinasi sifat atau tujuan kinerja yang dibutuhkan, hanya ya atau tidak untuk keputusan setiap penilaian. Untuk menentukan kepentingan relatif dari masing-masing sifat yang dibutuhkan, dan cara menyajikannya dengan membuat table, untuk mencatutkannya dalam kolom sebelah kiri, kemudian untuk kolom sebelah kanan adalah hasil perbandingan antara sifat yang paling dipentingkan seperti tabel 1.

Dalam membandingkan dua sifat dari tujuan kinerja, tujuan yang lebih dipentingkan diberikan angka satu (1), dan kurang penting diberikan angka nol (0), seperti yang ditampilkan pada table 1. Jumlah keputusan yang diinginkan  $\{N = n(n-1)/2\}$ , dimana n adalah jumlah sifat atau tujuan dalam pertimbangan .lalu untuk menemukan material yang cocok diaplikasi pada desain. Kemudian untuk weighting factors/ faktor bobot dinyatakan ( $\alpha$ ), yaitu diperoleh dari nilai setiap jumlah tujuan/ keputusan (m), dibagi dengan nilai jumlah keputusan yang diinginkan (N).

$$\text{Jumlah keputusan yang diinginkan (N) adalah } [N = \frac{n \times (n-1)}{2}] \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{m}{N} \quad (2)$$

Tabel 1. Metode *digital logic*

Sifat yang diperlukan	Jumlah keputusan yang diinginkan [N=n. (n-1)/ 2]									
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		1	1	0	1					
2			0			1	0	1		
3				0				1	0	
4					1			0		0
5						0			1	1
Total number of positive decisions										

**Table 2. Faktor bobot**

Jumlah keputusan (m)	Faktor bobot ( $\alpha$ )
3	$\alpha_1 = 0.3$
2	$\alpha_2 = 0.2$
1	$\alpha_3 = 0.1$
2	$\alpha_4 = 0.2$
2	$\alpha_5 = 0.2$
	A
$\Sigma = 10$	$\Sigma \alpha = 1.0$

Setelah menentukan sifat dari tujuan yang diperlukan lalu membandingkannya, yaitu menentukan tujuan yang paling dipentikan. Langkah selanjutnya ialah mencari *performance index* dari material yang telah terpilih, tujuan adalah mengetahui nilai kinerja dari material yang terpilih dan nilai yang paling tinggi yang di ambil.

Sebelum nilai *performance index* didapat, terlebih dahulu mencari sifat-sifat skala calon material yang terpilih, adapun sifat-sifat tersebut merupakan tujuan yang diperlukan/diinginkan. Nilai dari masing-masing sifat yang dipakai tersebut sesuai dengan material yang terpilih.

Dimana mengetahui skala sifat tersebut dilakukan dengan menghitung tiap-tiap sifat dari material terpilih.

Rumus untuk menghitung sifat skala, dan disajikan dalam bentuk tabel.

$$\text{sifat skala} = \frac{\text{angka nilai properti} \times 100}{\text{nilai maksimum dalam daftar sifat material}} \quad (3)$$

Untuk mengetahui nilai skala sifat *density* menggunakan rumus dibawah ini :

$$\text{sifat skala} = \frac{\text{nilai minimal dalam daftar sifat material} \times 100}{\text{nilai numerik properti}} \quad (4)$$

Dan untuk cari *performance index* material

$$\text{Performance index, } \gamma = \sum_{i=1}^n \beta_i \alpha_i \quad (5)$$

$\beta$  sifat skala,  $\alpha$  faktor bobot,  $i$  dijumlahkan semua sifat  $n$  terkait, atau dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini

$$\text{Performance index} = (1 \times \alpha_1) + (2 \times \alpha_2) + (3 \times \alpha_3) + (4 \times \alpha_4) + (5 \times \alpha_5) \quad (6)$$

Ket: penomoran digunakan untuk simbol dari sifat-sifat yang dipakai, penomoran tersebut sesuai dengan letak pada tabel

Nilai faktor bobot ( $\alpha$ ) dari frame sepeda dalam jurnal tersebut, ( $\alpha_1 = 0.1$ ), ( $\alpha_2 = 0.3$ ), ( $\alpha_3 = 0.2$ ), ( $\alpha_4 = 0.3$ ), ( $\alpha_5 = 0.1$ ).

**Table 3. Nilai Sifat skala dan performance index**

material	Sifat Skala					Performance index
	1	2	3	4	5	
Steel 1020	28	22	100	100	18	61.2
Ti-alloy	69	100	48	61	31	67.9
CFRP	40	22	27	27	93	33.4
KFRP	100	68	36	28	100	56.0
GFRP	38	14	12	29	78	26.9

Dari tabel 3 diatas yaitu *performance index* memperlihatkan bahwa kemampuan teknis material tanpa memperhatikan biaya. Hal ini juga penting untuk mempertimbangkan biaya untuk material sebelum membuat desain akhir atau peringkat. Oleh karena itu dalam metode *digital logic* dimana hasil akhirnya adalah melihat dari nilai FOM (*figure of merit*) seperti terlihat pada tabel 3, dibenarkan nilai yang tertinggi itu adalah material inti. Dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini.

Untuk menghitung nilai *figure of merit* (FOM) :

$$M = \frac{\gamma}{C} \quad (7)$$

$\gamma$  = merupakan *performance index*

$C$  = merupakan *cost of unit strength*

**Table 4. Cost and figure of merit calon material**

Materials	Relative Cost	Cost of Unit Strength x 100	Performance Index	Figure of Merit	Rank
Steel 1020	1	8	61.2	7,65	2
Ti-alloy	10	13,4	67.9	5,07	3
CFRP	22,5	25	33.4	1,34	4
KFRP	3,75	4,2	56.0	13,33	1
GFRP	3,25	14,3	26.9	1,88	5

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk harga material calon ring external fixation, mata uang yang dipake pada sumber adalah dollar, kurs mata uang dollar ke rupiah untuk tanggal 10 maret 2014, yaitu Rp 11318 (\$ 1 = Rp 11318), dari sumber tersebut harganya pun beragam, harga diambil yang termurah. Harga material tersebut digunakan untuk mengetahui nilai *Relative Cost*, *Cost of Unit Stiffness*, serta yang paling untuk mendapatkan nilai *Figure of Merit* (*FOM*).

Harga stainless steel 304 dolar ke rupiah

Kalkulator Kurs

Jumlah	Dari (Kurs)	Ke (Kurs)	Hasil
2600	USD	Rp.	29426800
Calculate			

Harga aluminium 2014 dolar ke rupiah

Kalkulator Kurs

Jumlah	Dari (Kurs)	Ke (Kurs)	Hasil
1500	USD	Rp.	16977000
Calculate			

Harga Ti 6A L4 V

Kalkulator Kurs

Jumlah	Dari (Kurs)	Ke (Kurs)	Hasil
11	USD	Rp.	124498
Calculate			

Harga brass

Kalkulator Kurs

Jumlah	Dari (Kurs)	Ke (Kurs)	Hasil
6000	USD	Rp.	67908000
Calculate			

Harga beryllium

Kalkulator Kurs

Jumlah	Dari (Kurs)	Ke (Kurs)	Hasil
27	USD	Rp.	305586
Calculate			

Untuk harga material calon ring external fixation, mata uang yang digunakan pada sumber adalah dollar, kurs mata uang dollar ke rupiah untuk tanggal 10 maret 2014, yaitu Rp 11318 (\$ 1 = Rp 11318), dari sumber tersebut harganya pun beragam, harga diambil yang termurah.

$$\$ 500 (\text{perton}) \times 11318 = \text{Rp } 5659000 (\text{perton})$$

$$\frac{\text{Rp } 5.659000 (\text{perton})}{1000} = \text{Rp } 5659 \text{ perkg}$$

**Tabel 5. Harga material calon material ring external**

Harga calon material					
No	Material	Harga dengan dollar per ton / perkg	Harga Rp Perkg	Relative cost	Rank
1	Stainless steel 304	USD \$ 2600 (perton)	Rp. 29.426,8	1,73	2
2	Aluminium 2014	USD \$ 1500 (perton)	Rp. 16.977	1	1
3	Titanium 6AL4V	USD \$ 11 (perkg)	Rp. 124.498	7,33	4
4	Brass alloy	USD \$ 6000 (perton)	Rp. 67.908	4	3
5	Beryllium	USD \$ 27 (perkg)	Rp. 305.586	18	5

$$\text{nilai relative cost} : \frac{\text{Rp.29.426,8}}{\text{Rp.16.977}} = 1,73$$

Untuk kasus ini sifat yang diperlukan ialah stiffness / kekakuan, maka rumus yang digunakan sebagai berikut:  $\text{Cost of unit stiffness} = \frac{C \cdot \rho}{E}$  (M.faraq)

C = relative cost,  $\rho$  = density, E = young's modulus

Untuk nilai working stress, dihitung dari nilai yield strength dengan menggunakan safety faktor 3 yang disarankan (M.faraq). Dan untuk nilai relative cost perunit berdasarkan harga yang termurah per kg, yaitu material aluminium.

**Tabel 6. Karakteristik dan cost perunit strength untuk material calon ring external fixation**

Material	Yield strength (MPa)	Working stress (MPa)	Specific gravity (kg/m <sup>3</sup> )	Relative Cost	Young Modulus	Cost of Unit Stiffness
Aluminum alloy (al 2014)	414	138	2,8	1	73,1	0,0383
Stainless steel 304	205	63,34	8	1,73	200	0,0692
Brass	152	50,67	8,5	4	117	0,291
Titanium alloy 6AL4V (Ti)	880	293,34	4,4	7,33	113,8	0,283
Beryllium	240	80	1,8	18	303	0,106

### 1. Korosi pada Material

Pada umumnya corrosion /korosi merupakan penurunan mutu logam, akibat terjadinya reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Dan juga dapat diartikan sebagai fenomena alam dengan material khususnya material logam, dimana mempunyai suatu keterikatan antara suatu sistem dan proses. Dalam suatu sistem tersebut terdapat suatu hubungan yang tidak sinergis atau berlawanan. Hal tersebut

diimplementasikan dalam suatu proses kerusakan yang dinamakan korosi. Sebagai orang dalam bidang teknik khususnya di bidang kimia material, material dan juga mesin telah mengetahui arti dari korosi, tapi korosi itu sendiri selalu diartikan dengan istilah karat (*rust*). Kenyataannya kedua istilah tersebut selalu berhubungan satu sama lain, korosi adalah kerusakan material khususnya logam secara umum akibat reaksi dengan lingkungan sekitarnya.

Secara umum korosi meliputi hilangnya logam pada bagian yang terekspos. Korosi terjadi dalam berbagai macam bentuk, mulai dari korosi merata pada seluruh permukaan logam sampai dengan korosi yang terkonsentrasi pada bagian tertentu saja.

## 2. Material yang direkomendasi

Dari beberapa aspek, terpilih material Aluminium 2014/Duralumin, yang direkomendasikan sebagai prototype untuk dijadikan ring external fixation, dapat dilihat pada gambar 4.8. Serta prototype tersebut digunakan untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan external fixation.

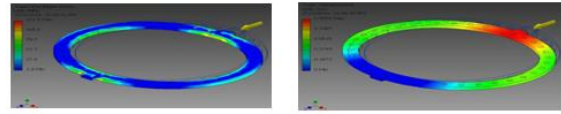
Dari hasil analisis yang dilakukan material aluminium 2014, bahwa nilai *performance index* atau kemampuan teknis material tanpa memperhatikan dalam segi biaya mempunyai nilai 29,45, nilai tersebut diatas material stainless steel 304. Serta dari nilai *figure of merit (FOM)*, yaitu hasil akhir dari penelitian ini, dimana nilai FOM memperlihatkan dalam segi pemanfaatannya serta segi ekonomis, material aluminium mendapatkan peringkat 1 dengan nilai tertinggi yaitu 7,68.



**Gambar 3. Material Prototype ( Al 2014)**  
**Analisa material rekomendasi dengan software inventor.**

Secara sistematis Analisa ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar nilai tegangan maksimum, serta nilai *displacement* pada material aluminium alloy 2014. Dan dapat menyimpulkan aman atau tidak untuk diaplikasikan pada Ring External Fixation. pada gambar 5 merupakan tampilan simulasi dengan inventor, serta terdapat

juga nilai tegangan maksimum dari material aluminium 2014.



**Gambar 4. Simulasi Inventor 1 nilai stress/tegangan dan defleksi**

Pada gambar 4, merupakan hasil simulasi yang dilakukan dengan diberi 490 N, dan nilai tegang maksimum adalah 131,5 Mpa, serta nilai maksimum *displacement* material aluminium 2014 adalah 0,9359.

Dapat disimpulkan dari simulasi yang dilakukan, bahwa material aluminium 2014 aman serta dapat diaplikasikan, karena nilai stress maksimum lebih kecil dari nilai yield strength material aluminium. Dan menurut pembahasan dari penggunaan inventor, dimana nilai maximum stress dari suatu material yang dianalisis lebih kecil, dengan nilai yield strength materialnya, maka dapat dikatakan aman.

## 3. Penilaian umum korosi pada material yang direkomendasi.

Sebagai orang dalam bidang teknik khususnya di bidang kimia material, material dan juga mesin telah mengetahui arti dari korosi, tapi korosi itu sendiri selalu diartikan dengan istilah karat (*rust*). Korosi adalah kerusakan material khususnya logam secara umum akibat reaksi dengan lingkungan sekitarnya.

Material yang direkomendasikan merupakan jenis material logam non ferro, yang berarti logam bukan besi, serta aluminium merupakan logam ringan. Alasan memilih aluminium sebagai material yang dijadikan prototype dan untuk pengembangan dalam dunia medis, khususnya ring external fixation, dan secara umum dapat diketahui bahwa keunggulan lainnya yang dimiliki aluminium adalah tinggi dan tahan terhadap serangan korosi diberbagai lingkungan.

Dari semua pembuktian yang dilakukan, bahwa material aluminium 2014/duralumin aman untuk diaplikasikan untuk ring external fixation, adapun dampak positifnya adalah dapat meminimalisir biaya pasien penderita fraktur tulang kaki, dan dapat diproduksi, sekaligus dipasarkan di dalam negeri hingga mancanegara, serta meningkatkan perekonomian di Indonesia.



## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang sudah dilakukan yaitu, pemilihan material untuk penerapan ring external fixation, dan mendapatkan 5 calon ring external fixation. dan dalam penerapannya dilihat dari segi ekonomis serta pemanfaatannya (FOM). Dibenarkan nilai FOM tertinggi merupakan material yang terbaik sebagai material inti.

1. Material Beryllium mempunyai nilai FOM 33,94
2. Material stainless steel 304 mempunyai nilai FOM 6,94
3. Material aluminium alloy 2014 (duralumin) mempunyai nilai FOM 4,37
4. Material Titanium alloy mempunyai nilai FOM 1,04
5. Serta material Brass alloy mempunyai nilai FOM 0,812

Sehingga material yg sesuai dengan beban yg akan ditanggung oleh ring adalah duralumin.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ashby Michael.F. 2005. Material Selection In Mechanical Design. Third Edition.Elsevier. England
- [2] Maleque ,M.A. and Dyuti, S. 2010. Material Selection Of A Bicycle Frame Using Cost Per Unit Property and Digital Logic Methods. Journal . Department of manufacturing and materials Engineering. International islam university Malaysia. Kuala lumpur, Malaysia.
- [3] Farag Mahmoud M. 1997. Material Selection For Engineering Design. Prentice Hall.
- [4] Solomin Leonid. N. 2008. The Basic Principles Of External Fixation Using The Ilizarov Device. Springer Science, Verlag Italia.
- [5] Zamani. A. R. 2010. Theoretical and Finite Element Modeling of Fine Kirschner Wires in Ilizarov External fixator. Journal Engineering, University of Manchester. England
- [6] YuliantoK.R Fajar. 2013. Bone Lengthening. Rumah Sakit Umum Daerah Ende, NTT . Indonesia
- [7] Staff. Unila.ac.id/atusi/files/2013/03/sifat material Pdf. Diakses tanggal 1Desember 2013.
- [8] Ariosuko DH.R. 2008. Modul Kuliah Pemilihan Bahan & Proses. Disarikan dari "Material Selection In Mechanical Design" Ashby,M.F. Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana. Indonesia.
- [9] matrudian. files. wordpress. com/2013/10/material-teknik-08th. pdf. diakses tanggal 5 Desember 2013
- [10]Priyotomo Gadang 2008. Kamus Saku Korosi Material.Edisi Mahasiswa, Vol 1, no1.Tangerang-Banten. Indonesia.
- [11]communities. autodesk. Com / indonesia /forum/topic/manufacturing/inventor/dasar-dasar-stress-analysis-di-autodesk-inventor